المعالجات الحرارية للمعادن

هذا البحث عبارة عن

موضوعات وأجزاء متقطعة من الباب السابع

من الكتاب

أساسيات تكنولوجيا التصنيع (تشكيل المعادن بدون قطع)

للناشر : الدار المصرية للعلوم .. القاهرة .. مصر

للمؤلف د. أحمد زكي حلمي

* * * * * * * * * * * * *

تمهيد

المعالجات الحرارية تعني المعاملات الحرارية ، وهي عمليات تسخين تجرى عادة على المعادن المختلفة وإبقاءها عند درجة حرارة ثابتة ، ثم تبريدها لغرض إحداث تغيير في البنية الداخلية يتبعه تغيير في الخواص الطبيعية والميكانيكية لهذه المعادن ، وبذلك يمكن تقسية المعادن المختلفة وعلى سبيل المثال يمكن رفع درجة صلادة الصلب إلى أربعة أضاف قيمتها ، أو التخمير لتحول الصـلب إلى الحالة الطرية ، أو التخمير لغرض التخلص من الاجهادات التي تكون قد وقعت على المشغولات من تأثير الطرق أو السبك أو بعض العمليات الميكانيكية الأخرى ، أو لجعله سهل التشكيل أو لتغليف أسطح المشغولات الخارجية بطبقة من صلادة منعا لسرعة التآكل.

يتناول هذا البحث المعالجات الحرارية لأنواع الصلب المختلفة مثل التلدين (التخمير) ـ التصليد بالتسخين ـ التصليد بالتقسية ـ التعتيق ـ المراجعة ـ التصليد الغلافي بأنواعه المختلفة.

ويتعرض للمعالجة الحرارية لحديد الزهر مثل إزالة الاجهادات الداخلية من المصبوبات – المعالجة الحرارية لمصبوبات القوالب المعدنية المبردة – التصليد السطحي لحديد الزهر ، والمعالجة الحرارية للمعادن الخفيفة بأنواعها المختلفة . كما يتعرض للتآكل الكيميائي وأساليب الوقاية منه.

المعالجة الحرارية

Heat treatment

تهدف المعالجة الحرارية إلى تغيير الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمعدن (تغيير التركيب البنائي لمادة التصنيع) للحصول على خواص أخرى لهذه المعادن ، حيث نادراً وجود المواد المعدنية بالخواص المطلوبة ، وعلى سبيل المثال وجود الحديد لدناً (طرياً) ومن ثم فإنه لا يتحمل الإجهادات المطلوبة ، ولا يقاوم البرى بالإحتكاك أو التآكل Corrosion ، وكذلك النحاس والألومنيوم رغم جودة توصيلهما للحرارة والكهرباء .ز إلا أنهما من المعادن الطرية ، حيث لا يتحملان الإجهادات ولا يقاوما البرى والتآكل . لذلك نجد الحاجة إلى إكتساب هذه المعادن خواص أخرى مفتقدة مثل تحويل المعادن اللينة (الطرية) إلى صلدة ، أو تليين الصلد منها ، أو إكتساب هذه المعادن مقاومة البرى والتآكل.

المعالجة الحرارية للصلب

الصلب هو سبيكة من الحديد ، وليس من الحديد الغفل أو من حديد الزهر ، وتتحدد أنواع وخواص الصلب من خلال نسبة الكربون الذي يحتويه.

يجب أن تتصف العدة وأجزاء الآلات بخواص ميكانيكية ملائمة لاستعمالاتها مثل الصلادة – المتانة – استدامة القطع ...... إلخ ، وعلى سبيل المثال فإنه يجب أن يكون الحد القاطع للأجنة مصلداً كاملا .. هذا يعني رفع درجة خواص الصلب حتى يمكن إستعماله كأداة قطع كأقلام المخارط ومقاطع التفريز ، بينما يجب أن يكون السطح الخارجي لأسنان التروس صلدة ومقاوم للتآكل الاحتكاكي ، في حين أنه يجب

أن تكون الأسنان مقاومة للحنى ، أو تخمير بعض المعادن للتخلص من الإجهادات التي وقعت عليها من تأثير عمليات الطرق والسبك أو بعض العمليات الميكانيكية الأخرى التي أجريت عليه ، أو لتحسين قابلية المعادن للتشكيل أو الإنثناء أو لتغليف أسطحه الخارجية بطبقة من الصلب الصلد منعا لسرعة تآكله.

ويمكن تحقيق هذه الخواص المتفاوتة من خلال اختيار مادة التصنيع المناسبة والمعالجة الحرارية اللاحقة واللازمة لذلك.

المعالجة الحرارية لأنواع صلب العدة

تتطلب أنواع فولاذ العدة اللاسبيكي ، والسبيكي منخفض الخلط ، والسبيكى عالي الخلط معالجات حرارية مختلفة ، بسبب اختلاف تركيبها الكيميائي ، ومن ثم فإنه يجب معرفة نوع الصلب بدقة قبل إجراء العملية الحرارية.

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة اللاسبيكي :

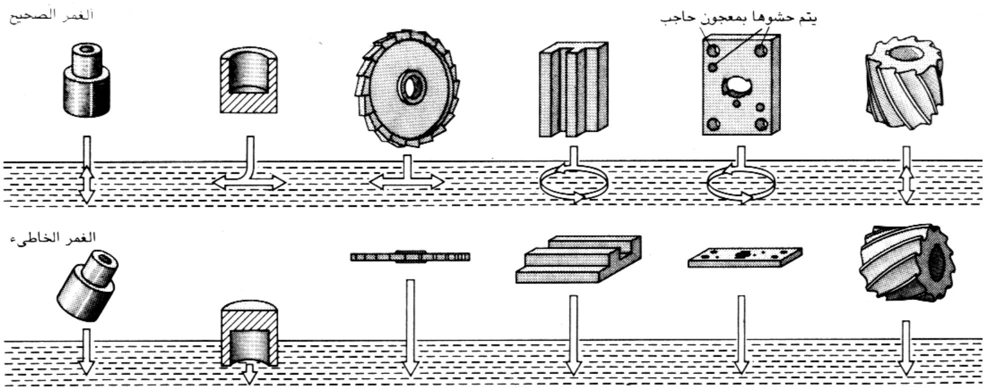
أنواع صلب العدة اللاسبيكي هي أنواع كربونية نقية (مكررة) . تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.6 ـ 1.5% .

التقسية :

التقسية هي التبريد الفجائي ، حيث تسقى أنواع الصلب اللاسبيكي في ماء درجة حرارته 20 ^{0}م ، ويجب أن يتم الغمر في الماء بسرعة.

ويعتبر كل من شكل ونوع المشغولة وطريقة غمرها وتحريكها في سائل التقسية من أهم العوامل المؤثرة على كفاءة التقسية كما هو موضح بالشكل التالي ، ومن ثم فإنه يجب غمر المشغولات ذات الثقوب المسدودة بقاعها أولا ، لكي تنفلت فقاعات الهواء والبخار وتطرد إلى الخارج ، حيث تلعب فقاعات البخار الملتصقة على المشغولات دورا عازلا للحرارة ، كما تؤدى بعض مواضع فقاعات الهواء والبخار إلى عدم تصليد المشغولة ، مما يؤدى إلى تبريدها بصورة متجانسة . وتحتاج المشغولات أنبوبية الشكل إلى خطافات وملاقط تصليد مناسبة للامساك بها وغمرها

بأسلوب يتيح تدفق سائل التسقية خلالها دون عوائق وبكميات كافية.



الغمر الصحيح والخاطئ في وسيط التسقية

ملاحظات :

1. تغمر المشغولات في سائل التسقية بأجزائها المصمتة أولا ، كما يجب تحريكها باستمرار وهي مغمورة بالكامل.
2. لا تتصلد المشغولات المصنوعة من أنواع صلب العدة اللاسبيكي ذات المقاطع الكبـيرة ، وذلك لعدم إمكانية امتصاص الحرارة من الأجزاء الداخلية للمشغولة بسرعة كافية ، لذلك تتبعـج هـذه المشغولات قليلا ، ولتلاشي التشـوه الناشئ عن التصليد ، يفضل تسقية مثل هذه المشغولات بالماء في درجة حرارة قدرها 200 ^{0}م ، ثم استكمال التبريد تماماً في الزيت ، وتعرف هذه الطريقة بالتصليد التجزئي.

المراجعة:

يجب أن تتم المراجعة بقدر الإمكان بعد التصليد مباشرة ، علما بأن أنواع صـلب العدة اللاسبيكي تراجع في درجة حرارة تتراوح ما بين 220 ـ 320 ^{0}م ، يلي ذلك التبريد النهائي في الماء ، ويؤدى ذلك إلى زيادة قابليـة المعادن للتشكيل وتحويل الصلادة الهامدة إلى صلادة عملية ، وإذا كان المطلوب إزالة الاجهادات الداخلية

للصلب فقط ، فانه يتكفى بمراجعتة في درجة حـرارة تتراوح ما بين 100 ـ 200 ^{0}م، ويمكن بواسطة ألوان المراجعة (نظر جدول 7 – 1 الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية) تقدير درجات حـرارة المراجعة الواقعة بين 220 ـ 320 ^{0}م.

ويفضل تلميع أسطح المشغولات المراد مراجعتها ، لكي تظهر ألوان المراجعة بصورة جيدة.

وإذا كان المطلوب تصليد المشغولة في موضع معين فقط ، فان المراجعة يمكن أن تتم بالحرارة الذاتية للمشغولة ، وأقرب مثال لذلك هو تبريد الحد القاطع لأجنة مصنوعة من الصلب اللاسبيكي عند التصليد ، حيث تختزن ساق الأجنة حرارة تكفى لمراجعة الحد القاطع ، دون الحاجة إلى تسخينه من جديد ، وفى هذه الحالة تتدفق الحرارة إلى الحـد القاطع وتسخنه إلى درجة حـرارة المراجعة المطلوبة ، وتسمى هذه الطريقة بالمراجعة من الداخل أو المراجعة الذاتية ، وتسمى المراجعة بمصدر حراري خارجي بالمراجعة من الخارج ، وهي التي يمكن أن تتم في رمل ساخن أو على مسطح محمى أو داخل فرن التصليد بعد أبطال تشغيله ، أو على لهب مشعل (بوري) اللحام أو في أفران مراجعة خاصة مزودة بمغاطس زيتية أو ملحية.

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات الذي يحتوي على الكربون بنسبة تتراوح ما بين 0.1 ـ 0.6 % تشتمل على عمليتين أساسيتين هما .. التصليد السطحي والتطبيع.

التصليد السطحي :

يجرى التصليد السطحي عندما تتطلب المشغولة سطحا صلداً مقاوما للتآكل الاحتكاكي وأقرب مثال إلى ذلك هو من أمثلة ذلك جوانب أسنان التروس.

هناك أسلوبان للتصليد السطحي هما كالآتي :-

1. تحديد مواضع وجود الكربون في المناطق المطلوب تصليدها بالصلب الغير قابل للتصليد . يسمى هذا الأسلوب بالتصليد الغلافي أو التصليد بالنترة :
2. تصليد الطبقة الخارجية للصلب القابل للتصليد . يسمى هذا الأسلوب بالتصليد باللهب أو التصليد بالغمر أو التصليد بالحث.

التصليد الغلافي :

يتناسب التصليد الغلافي لأنواع الصلب اللاسبيكي الذي يحتوي على نسب ضئيلة من الكربون تتراوح ما بين 0.1 ـ 15% ، كما يتناسب مع الأنواع السبيكية ذات النسب المنخفضة من المنجنيز أو الكروم أو النيكل والتي تصل نسبة الكربون فيها إلى 2 % ، ولتصليد أسطح هذه الأنواع (تصليد طبقاتها الخارجية) فإنه يجب إضافة الكربون إليها باستخدام مواد مطلقة للكربون ، قد تكون هذه المواد صلبة أو سائلة أو غازية.

وتتم الكربنة السطحية (إضافة الكربون على الأسطح) في صناديق التصليد الغلافي، أو في مغاطس التصليد الغلافي أو مغاطس السمنتة أو في وسط غازي.

التصليد باللهب :

يتم التصليد باللهب بتسخين الطبقة السطحية للمشغولة بلهب غاز الاستصباح أو لهب من غازي الأكسجين والأستيلين إلى درجة حرارة التصليد فى وقت قصير جداً ، ثم تسقى المشغولة بالماء ، وذلك قبل وصول الحرارة إلى الطبقات الداخلية للمشغولة .. مما يؤدى إلى تصليد السطح فقط بينما يبقى القلب ليناً.

أنواع التصليد باللهب :

يميز التصليد باللهب بعدة أساليب كما هو موضح بالشكل وهو كالآتي :-

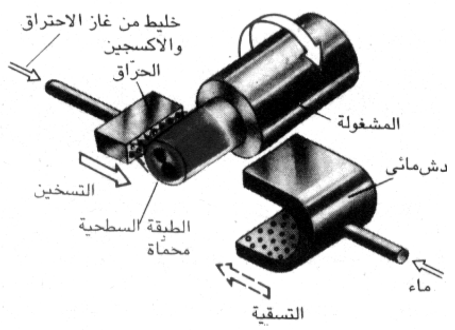
1. التصليد الدائري.

2. التصليد الخطي.
3. التصليد الحلزوني.

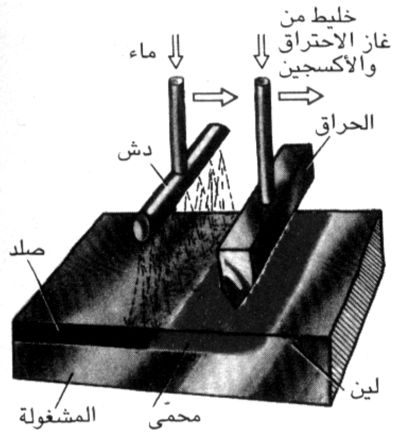
يستخدم التصليد باللهب فى أحوال كثيرة ماكينات تصليد خاصة ، حيث تعمل على هذه الماكينات على تصليد العديد من العدد ، وعلى سبيل المثال تصليد التروس ـ أعمدة المحاور ـ المسامير ـ الأعمدة ..... وغيرها . تتوقف تخانة طبقة التصليد على مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب.

يمكن فى التصليد الخطى والحلزوني التحكم تنظيميا فى مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب بتحريك لهب المشعل أو المشغولة بسرعة منتظمة . ويتناسب عمق التصليد عكسيا مع سرعة التغذية.

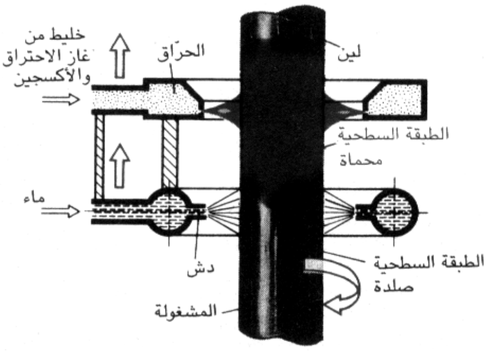
يناسب للتصليد باللهب أنواع الصلب السبيكي الذي يحتوي على نسبة من الكربون تتراوح ما بين 0.35 ـ 0.70 % ، وأنواع صلب الإنشاءات ذات النسب السبيكية الضئيلة من الكروم والموليبدنم التي تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.30 ـ 0.50 %.



(أ)



(ب)



أنواع التصـ ـليد باللهب

(أ) التصليد الدائري.

(ب) التصليد الخطي.

(ج) التصليد الحلزوني.

التصليد بالغمر :

التصليد بالغمر عبارة عن تسخين الطبقة الخارجية للمشغولة إلى درجة حرارة التصليد بغمرها في حمام ملحي متعادل ، بحيث يكون التسخين سريعا جدا ومتجانساً . يتم ذلك بمعزل عن الهواء.

تسمح طريقة الغمر بتسـخين المشغولة جزئياً ، وبالتالي تصليدها جزئياً أيضاً ، وتسحب المشغولة من الحمام الملحي قبل تغلغل الحرارة إلى قلبها ، وتغمر في حمام تقسية.

التصليد بالغمر ينافس نفس أنواع الصلب الصالح للتصليد باللهب.

المعالجة الحرارية لحديد الزهر

تهدف المعالجة الحرارية لحديد الزهر إلى تغيير بنية مادة التصنيع عن طريق التسخين ، كما هو الحال بالصلب ، وذلك للحصول على خواص عديدة أخرى.

إزالة الإجهادات من المصبوبات :

بتبريد مصبوبات القوالب المعدنية والقوالب الرملية داخل القالب ، تنشأ إجهادات داخلية تسبب تشوه المصبوبات أو تشدخها عند تمام تبردها أو تشغيلها بالقطع لاحقا ، وتزول هذه الإجهادات بمرور الزمن عند تخزين المصبوبات لمدة طويلة بما يسمى بالتعتيق الطبيعي فى العراء ما بين 7 ـ 18 شهر قبل تشغيلها بالقطع ، ويمكن فى حالة المصبوبات الصغيرة إزالة الإجهادات بالتعتيق الاصطناعي فى فرن تصل درجة حرارته إلى 300 ^{0}م ، ويمكن إزالة الاجهادات فى المصبوبات الكبيرة من خلال رجها لمدة تتراوح ما بين 8 ـ 25 ساعة.

التصليد السطحي للحديد الزهر :

لتخفيض التآكل الاحتكاكي لمسارات الدلائل فى مكنات التشغيل بالعدة ، تصلد هذه الدلائل المصنعة من حديد الزهر سطحيا بواسطة التصليد باللهب أو التصليد بالحث ، ولا يصلح التصليد السطحي إلا أنواع الزهر التي وضعت بها رقائق الجرافيت داخل بنيتة الأساسية ، كما يجـب أن تكون رقائق الجرافيت صغيرة ما أمكن ، حيث تؤدى الرقائق الكبيرة إلى حدوث تشدخات بالبنية الداخلية.

يتراوح عمق الصلادة بعملية التصليد باللهب ما بين 1 ـ 3 ملليمتر ، ويعطى التصليد بالحث نفس عمق الصلادة ، إذا تراوح متوسط التردد ما بين 4000 ـ 10000 هرتز ، بينما يمكن بالترددات العالية التي تصل إلى نحو 450000 هرتز التصليد إلى عمق 1.5 مم على الأكثر.

المعالجة الحرارية للمعادن الخفيفة

بالمعالجة الحرارية تتغير بنية المعادن الخفيفة ، كما هو الحال في الصلب ، مما يؤدى بالتالي إلى تغيـير خواص عديدة أهمها المتانة وحد الخضوع والانفعال والصلادة ، ويتطلب الألومنيوم وسبائكه أسلوبا للمعالجة الحرارية يختلف عما يتطلبه المغنسيوم وسبائكه.

المعالجة الحرارية للألومنيوم وسبائكه :

يمكن اجراء تلدين ملين للألومنيوم وسبائكه ، كما يمكن تصليد بعض سبائك الألومنيوم بالتعتيق.

التلدين اللين :

عند التلدين اللين ينخفض مقدار الصلادة والمتانة ويزداد الانفعال ، مما يؤدى إلى إرتفاع قابلية تشكيل ، بعكس الصلب الذي يجب تبريده ببطء عند التلدين اللين.

تبلغ درجة حرارة التلدين اللين المنخفضة نسبيا ما بين 350 ـ 400 ^{0}م ، يتبعها التبريد فى الهواء أو التسقيته فى الماء.

يستخدم التلدين اللين خاصة عند إرتفاع مقدار صلادة وقصافة مادة التصنيع نتيجة للدلفنة أو الكبس أو التصليد بالتعتيق ، ويجب تلدين مادة التصنيع فى مراحل الكبس المختلفة وخاصة عندما تكون المادة قصفة نتيجة لتصلدها بالتشغيل على البارد بدرجة تجعل استمرار تشغيلها مصحوبا بخطر تشدخها ، ويسمى هذا الأسلوب بالتلدين المرحلي.

ملاحظة :

يكون الألومنيوم صـمودا للتآكل الكيميائي عند تلدينه إلى درجـة حرارة تتراوح ما بين 450 ـ 500 ^{0}م.

التآكل الكيميائي

يتآكل سطح المعدن الموجود في حالة تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط الخارجي ، ويسمى مثل هذا التآكل بالصدأ، ويسبب التآكل (الصدأ) خسائر جسيمة للإقتصاد الوطني لأنه يدمر كمية ضخمة من المنشآت والماكينات المعدنية ، ولمقاومة الصدأ .. فإنه يجب معرفة أسبابه ووسائل مقاومته.

يتناول هذا الفصل شرح تفصيلي للتآكل الكيميائي والتآكل الكهروكيميائي والوقاية منهما من خلال الكسوات المعدنية واللا معدنية ، والتكسية بالطلي والغمر بالكهرباء وباللدائن وبالمينا ، والتكسية برش المعادن وبنشر المعادن كالطلاء الكرومي ، والتكسية بالرقائق المعدنية (التصفيح) ، وبالكسوة الكرومية والقصديرية والنحاسية والرصاصية ، والتكسية بالأوساط الغازية الواقية التي تستخدم كمادة تغليف.

ويتعرض للتخطيط لمقاومة التآكل الكيميائي الذي يقوم به المصمم بدوراً رئيسياً، إذ إنه يمكنه تخفيض التآكل بوضع تصميم واستخدام مواد صمودة للتآكل واختيار أسلوب التشطيب المناسب لتفادى التآكل أو التخفيض منه.

يقصد بالتآكل الكيميائي وفقا للمواصفات القياسية ISO ، تلف ودمار مواد التصنيع نتيجة لتفاعلات أو العمليات الكيميائية أو الكهروكيميائية للمادة مع الجو المحيط بها ، ويعنى ذلك أن التآكل الكيميائي لا يقتصر على المعادن فقط ، وإنما يحدث أيضا في جميع أنواع مواد التصنيع ، ومن ناحية أخرى تتوقف شدة التآكل الكيميائي بصورة رئيسية على حالة الجو المحيط بالمواد كالهواء الرطب وهو ما يسمى بالتآكل الكيميائي الجوى أو بالتآكل من ماء البحر أو التآكل بالأحماض أو القلويات.

يتسبب التآكل الكيميائي في أضرار جسيمة ينتج عنها خسائر مادية كبيرة ، لذلك فإنه يجب بذل الجهود الممكنة لتجنبه ، أو حصره على الأقل في حدود محتملة

وخاصة في مواد التصنيع المعدنية.

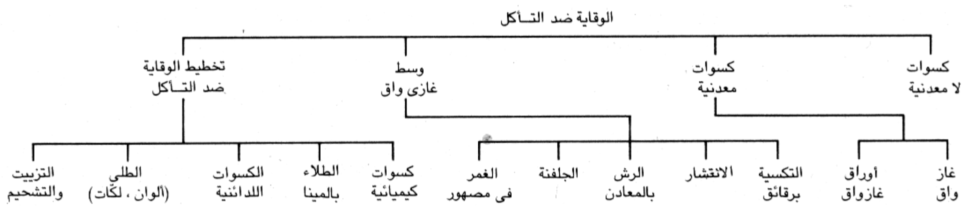
أنواع التآكل الكيميائي :

يصيب المعادن نوعان من التآكل الكيميائي هما التآكل الكيميائي البحت والتآكل الكهروكيميائي.

1. التآكل الكيميائي البحت .
2. التآكل الكهروكيميائي .
3. التآكل التلامسي .

الوقاية من التآكل الكيميائي بالمعادن :

يتوقف عمر وسلامة التشغيل للمشغولات والأجزاء التصميمية في أحوال كثيرة على مدى تجنب أو منع عمليات التآكل ذات التأثير الكيميائي الانحلالي . المخطط التالي يوضح الأساليب المختلفة للوقاية من التآكل الكيميائي.



أساليب الوقاية من التآكل الكيميائي

* * * * * * * * * * * *

إلى قراء ملتقى المهندسين العرب وإلى أبنائي المهندسين .. أرجو أن يكون هذا البحث قد نال رضاكم ، مع تمنياتي أن يستفاد منه ذوي الإختصاص ، وسأكون شاكراً لكل من يتوجه لي بالنصح أو النقد، وأعتذر عن أي خطأ لم أفطن إليه.

.. (ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ربنا ولا تحمل علينا إصـراً كما حملته

على الذين من قبلنا ربنا ولا تحملنا مالا طاقة لنا به وأعف عنا وأغفر لنا وارحمنا أنت مولانا فانصرنا على القوم الكافرين).

ولك الحمد على نعمك وفضـلك وتوفيقك ،،

د. أحمد زكي حلمي